

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-175925

(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 09-341037

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 11.12.1997

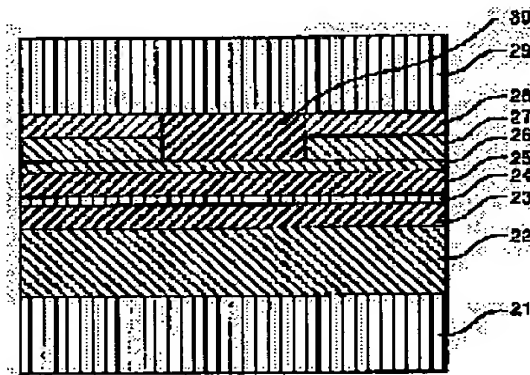
(72)Inventor : KAWATO YOSHIKI  
KOMURO MATAHIRO

## (54) MAGNETIC RELUCTANCE EFFECT TYPE ELEMENT AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the magnetic moment of the entire fixed layer, to improve a free layer and to improve the top and bottom asymmetry with a high sensitivity by using a laminated film having the three layer structure made of a ferromagnetic film/a non-magnetic metallic film/a ferromagnetic film for the fixed layer and strongly coupling the plural ferromagnetic films in a non-ferromagnetic manner.

**SOLUTION:** A film formation is made on a substrate for a bottom section electrode 21 (TaW)/a non-ferromagnetic body layer 22 (FeMn)/ fixed layers 23, 24 and 25 (Co/Ru/Co)/an intermediate insulation layer 26 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/a free layer ferromagnetic body film 30 (NiFe/Co). Then, the portion of the free layer 30 other than a desired size pattern is eliminated by an ion milling method and an insulation film 27 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/a permanent magnet film 28 (CoCrPt) are laminated on the region, where the elimination is made, by a lift-off method. Thus, the film 30 is made magnetically stable and the element having a large magnetic reluctance variation rate of 15% is obtained. The reluctance variation curve against the external uniform magnetic field  $\pm 30$  Oe is made linear having no hysteresis and is made stable.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

00-40612-2



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 7 5 9 2 5

(43) 公開日 平成11年(1999)7月2日

(51) Int. Cl. °

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 1 2

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-341037

(22) 出願日 平成9年(1997)12月11日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 小室 又洋

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

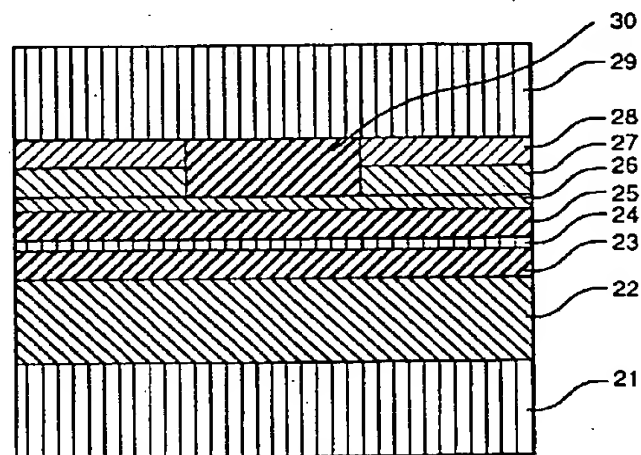
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果型素子及び磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 センス電流を膜面に垂直に流す強磁性トンネル磁気抵抗効果ヘッドにおいて、電流バイアス磁界分のバイアスを補償し再生信号の非対称性を低減する。

【解決手段】 スピンバルブタイプの強磁性トンネル磁気抵抗効果膜の固定層にCo/Ru/Co積層膜のような、強く反強磁性結合した強磁性膜の積層体を用いる。

図 3



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】外部からの磁界により抵抗が変化するパターンニングされた感磁部と、これに検知電流を流すための一対の電極を備え、上記感磁部は少なくとも 2 層の強磁性体層とこれらを隔てる絶縁体膜を含んだ非磁性層を含み、少なくとも 1 層の強磁性体層が他の強磁性体層より小さい面積でパターンニングされていることを特徴とする磁気抵抗効果型素子。

【請求項 2】前記強磁性体層のうち少なくとも 1 層は、硬質強磁性体との磁気的な結合を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 3】前記硬質強磁性体と磁気的な結合を有している強磁性体層が、他の強磁性体層よりも大きい面積でパターンニングされていることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 4】前記強磁性体層のうち少なくとも 1 層が、反強磁性的に結合する 2 枚の強磁性体膜とこれらを隔てる非磁性金属膜の積層体からなり、他の強磁性体層は 1 層もしくは多層の強磁性体膜からなることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 5】前記強磁性体膜のうち少なくとも一方が、反強磁性膜と接していることを特徴とする請求項 4 に記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 6】前記強磁性体層が、Fe、Co、Ni およびこれらの合金からなるグループより選択された材料を含むことを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 7】前記非磁性層が、Al、Si、Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Ta、W のいずれかの元素と、B、C、N、O、P、S のうちいずれかの元素との化合物もしくは上記元素の異なる組み合わせの化合物膜の積層体である絶縁体膜を含んでいることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 8】前記非磁性金属膜が、Ru、Cr、Ir、Rh およびそれらの合金からなることを特徴とする請求項 4～7 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 9】前記硬質強磁性体が、Co を含む合金ないしは Co を含む合金と  $\text{SiO}_2$  もしくは  $\text{Zr}_2\text{O}_3$  との化合物であることを特徴とする請求項 2～8 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 10】前記反強磁性膜が Mn を含む合金からなることを特徴とする請求項 5～9 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子。

【請求項 11】請求項 1～10 のいずれかに記載の磁気抵抗効果型素子を備えた薄膜磁気ヘッド。

【請求項 12】請求項 11 記載の薄膜磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気抵抗効果型素子

およびこれを搭載した磁気記録再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高感度な電磁変換素子として、図 1 に示すような強磁性金属／絶縁体／強磁性金属の 3 層構造を持ついわゆる強磁性トンネル接合素子が注目されている。この 3 層構造で磁気抵抗効果を発現させるためには第一の強磁性金属の磁化と第二の強磁性金属の磁化とが外部磁界に対し、実質的に独立に応答する必要がある。具体的には、一方の磁化が外部磁界に응答して動いている時に他方は実質的に静止していることが望ましい。

【0003】このような動作状態を実現するために、例えば特開平 4-103014 号公報には、図 1 のように基板 10 上に強磁性体 11／絶縁体 12／強磁性体 13／反強磁性体 14 の実質 4 層の構成とすることで、一方の強磁性体 13 を Cr 系合金からなる反強磁性体 14 と接触させることにより交換相互作用による一方向異方性を付与し、実質的に磁化を固定する手段が開示されている。以下、反強磁性体と接触する強磁性体層を固定層、他方の強磁性層を自由層と呼ぶ。

【0004】磁気抵抗効果型素子を、磁気ディスク装置のようなデジタル磁気記録再生装置で再生ヘッドとして用いる場合、誘導型の素子にはなかったいくつかの問題点がある。そのうちもっとも大きなものの一つは再生信号の上下非対称性と呼ばれるものである。デジタル記録においては、記録する信号のビットに対応して、媒体磁性膜が相反する 2 方向に磁化されており、磁化の反転領域、すなわち S 極どうし N 極どうしが向い合う領域からは正・負の磁界が再生ヘッドに印加される。誘導型素子のように完全に線形の電磁応答特性を持っている場合、磁界の両極性に対応した再生出力は全く同じになるはずである。

【0005】しかし、一般には軟磁性膜の磁気飽和等の影響により非線形性が生じ、再生出力は正・負の信号磁界に対して異なる大きさになる。一般にこの非対称性の度合いを表すのに次のような量を用いる。

## 【0006】

$$\text{【数 1】 } A_{\text{sym}} = (V^+ - V^-) / (V^+ + V^-)$$

ただし、 $V^+$ 、 $V^-$  はそれぞれ正・負媒体磁界に対応した出力を意味している。多層型の磁気抵抗効果膜を用いた磁気抵抗効果型ヘッドでこの  $A_{\text{sym}}$  を決めているのは自由層磁化と固定層磁化との相対的な角度である。

【0007】図 2 は、動作状態での自由層と固定層の相対的な角度に対する、 $A_{\text{sym}}$  の変化を示したものである。これを見ると  $A_{\text{sym}} = 0\%$  とするためには自由層磁化と固定層磁化は 90 度の角度をなしている必要があることがわかる。

【0008】実際の素子では、上述したように固定層の磁化は実質的に固定されているので、自由層の磁化のみを制御する必要がある。さて、強磁性トンネル磁気抵抗効果素子で、自由層の磁化方向を決めているのは自由層

一固定層間の結合磁界と、固定層をパターンニングしたために生じる静磁界のバランスである。

【0009】従来からある、金属中間層をもったスピナル磁気抵抗効果型ヘッドにおいては、電流を膜面に流すので、電流の強さにより自由層磁化の方向を変化させバイアスを補償してAsymをなくすることが可能であったが、強磁性トンネル磁気抵抗効果素子においてはセンス電流を膜面に垂直に流すため、先述の2者のみでバイアスが決定される。膜構成にもよるが、前者は高々十数Oe程度であるのに対し後者は場合によっては一様磁界に直して500Oe程度の効果を持つことがある。従ってAsymをなるべく小さくするためには、固定層が自由層に及ぼす静磁界を低減する必要がある。

【0010】一般に固定層からの静磁界は固定層強磁性膜の磁化・膜厚積に比例しているの、飽和磁化の小さい材料を用いるか、膜厚を薄くすることで静磁界を低減することができる。しかし一般にはそのいずれの場合も磁気抵抗変化率の減少を招くため、単純にこれらを適用することはできない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】従来の強磁性トンネル磁気抵抗効果素子では、固定層から自由層への静磁界を自由層一固定層間結合磁界ではキャンセルしきれないため、自由層のバイアス・プロファイルが最適化されず、再生信号に大きな上下非対称性が現れた。デジタル磁気記録再生装置では読み取りエラーの起きる可能性が高くなる。上下非対称性のみを改善するためには固定層を薄膜化して磁気モーメントを低減する方法がある。しかしこれは磁気抵抗効果自体の減少をとまうため、高い感度の磁気抵抗効果素子が得られなくなる。

【0012】

【課題を解決するための手段】高い感度を保ちながら、再生出力に現れる上下非対称性を低減するため、固定層に強磁性膜／非磁性金属膜／強磁性膜の三層構造を持つ積層膜を用い、2枚の強磁性層を反強磁性的に強く結合させることで、磁気抵抗効果を生じさせる強磁性膜の厚さは十分に保ちつつ固定層全体での磁気モーメントを小さくして自由層のバイアス・プロファイルを改善した。

【0013】

【発明の実施の形態】

実施例1

図3は、本発明を適用した磁気抵抗効果素子の断面図である。基板上に下部電極21 (TaW; 100nm) / 反強磁性膜22 (FeMn; 30nm) / 固定層23, 24, 25 (Co; 3nm / Ru; 0.6nm / Co; 3nm) / 中間絶縁層26 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1nm) / 自由層30 (NiFe 5nm / Co 1nm) を成膜した後、自由層30のみ所望の大きさのパターン以外の部分をイオンミリング法により除去し、除去後の領域に絶縁膜27 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 3nm) / 永久磁石膜28 (CoCrP

t; 20nm) をリフトオフ法により積層することで、自由層磁性膜30の磁化安定化を図った。

【0014】本実施例の磁気抵抗効果素子では、15%という大きな最大磁気抵抗変化率を示す素子が得られた。外部一様磁界±300Oeに対する抵抗変化曲線いわゆるトランスファカーブは、線形でヒステリシスのない安定なものが観測された。

【0015】なお、中間絶縁層26にSiO<sub>2</sub>, SiC, AlN, Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, VO, CrO, Zr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NbO, TaO, WSを用いても同様の効果が得られた。また、自由層30をパターンニングする方法として上記イオンミリング法の他に、RIE (Reactive Ion Etching) 法を用いても同等の特性を実現する素子の作製が可能であることは明らかである。

【0016】実施例2

図4は、本発明の磁気抵抗効果素子の第二の実施例の断面図である。基板上に下部電極膜21 (TaW; 100nm) / 自由層40 (NiFe 5nm / CoFe 1nm) / 中間絶縁層34 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1nm) / 固定層35, 36, 37 (Co; 3nm / Ru; 0.6nm / Co; 3nm) / 反強磁性膜38 (CrMnPt; 30nm) / 上部電極膜39 (TaW; 100nm) の順で成膜した。また、第一の実施例と同様に自由層のみをパターンニングして、CoPt系合金永久磁石膜による磁化安定化層32 / 絶縁膜33 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 10nm) を形成している。本実施例では室温で約12%と、高い磁気抵抗変化率が得られた。

【0017】なお上で示した反強磁性膜はCrMnPt (30nm) であるが、このほかにもMnIr, MnPtを用いても、同等の効果が得られた。そのほかの導電性反強磁性膜を用いても同様の効果が得られることは明らかである。

【0018】実施例3

図5は本発明を適用した磁気抵抗効果素子を備えた磁気抵抗効果型ヘッドの斜視図である。磁気抵抗効果素子43, 44, 45, 48, 49, 50の構成は実施例1と同様であるが、素子上下に金属ギャップ膜42, 46をはさんで軟磁性膜のシールド41, 47が構成されている。各々の金属ギャップ膜厚は、上下シールドの間隔が0.1μmとなり、かつ自由層がギャップ全体の中央になるように決めている。ここでは上部ギャップ膜46を60nm、下部ギャップ膜42を25nmとした。この磁気抵抗効果型ヘッド59と、誘導型書き込みヘッドをスライダ53上に備えた薄膜磁気ヘッドを示したのが図6である。

【0019】図6のように高速回転するディスク51上で、まずコイル58に記録信号に対応した電流を流すことで磁極57を励磁して媒体を磁化56することで記録した。次に本発明を適用した磁気抵抗効果型ヘッド59により再生を行った。再生特性は良好であり、0.1m

A のセンス電流で約 5 mV の安定な再生出力が得られた。バルクハウゼンノイズなどのノイズや、ベースラインシフト等の波形歪みも見られなかった。なお再生信号の上下非対称性は  $A_{\text{sym}} = 1\%$  程度であり、実用上問題にならないレベルであった。

#### 【0020】実施例 4

図 7 は本発明を適用した磁気抵抗効果素子を備えた磁気抵抗効果型ヘッドの斜視図である。実施例 5 と異なる点は、自由層の磁化を安定化する手段を、永久磁石膜の代わりに、自由層中央の感磁部に接触する部分のみを除去するようにパターンニングした反強磁性膜 62 とした点である。ここでは  $\text{NiO}$  (30 nm) を用いた。

【0021】ヘッドの再生特性は実施例 3 と殆ど同等であった。なお、 $\text{NiO}$  の代わりに、 $\text{CrMnPt}$  (20 nm) /  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (50 nm) 二層膜で置き換えても、ほぼ同等の特性をもつヘッドが得られた。

#### 【0022】実施例 5

図 8 は本発明を適用した磁気ディスク装置を簡略に表したものである。スピンドルモータ 52 により高速回転する金属又はガラス円盤 51 の表面には  $\text{CoCrPt}$  系合金膜からなる記録媒体がスパッタ法により堆積されており、ディスクの回転にともなう空気流を受けて浮上するセラミックスのチップ (スライダ) 53 上に形成された薄膜磁気ヘッドを用いて記録媒体上にデジタル信号を記録・再生した。薄膜磁気ヘッドは  $\text{NiFe}$  系合金の磁極と  $\text{Cu}$  のコイルからなる誘導型記録ヘッドと、実施例 3 記載の磁気抵抗効果型再生ヘッドからなる。

【0023】さらに上記セラミックスのチップは可動式アームに取り付けられており、アームはボイス・コイル・モータを備えたアクチュエータ 54 によって実質的に半径方向に移動できるようになっている。したがって薄膜磁気ヘッドはほぼディスク全面にアクセスすることが可能である。また、記録媒体上には記録信号の他にトラック位置を指定するサーボ信号があり、再生ヘッドが再生したサーボ信号をアクチュエータにフィードバックすることによってヘッドの位置決めを閉ループ制御で高精度に行うことができる。

【0024】また、再生信号やサーボ信号を処理したり機構系の制御を行う電気回路系 55 も備えている。本装置では、先に開示した薄膜磁気ヘッドを用いることにより、高い記録密度を達成することができた。その結果小型かつ大容量の装置を実現することができた。

【0025】また、ここではディスクを 1 枚持つ装置を開示したが、複数枚のディスクを持つ装置でも同様の効果が得られることは明らかである。

#### 【0026】

【発明の効果】本発明は強磁性トンネル効果を利用した磁気抵抗効果型素子において、強磁性トンネル効果膜の固定層に強磁性金属膜／非磁性金属膜／強磁性金属膜の積層体を用い、2 枚の強磁性金属膜を反強磁性的に結合させることで、固定層の実質的な磁気モーメントを小さくして、自由層のバイアスプロファイルを改善するものである。この素子を薄膜磁気ヘッドに適用することで、上下非対称性が小さく、線形性の高い再生信号が得られた。またこの薄膜磁気ヘッドを搭載することにより高い記録密度をもつ小型で大容量の磁気記録再生装置が実現できた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】従来技術による強磁性トンネル磁気抵抗効果膜の断面図。

【図 2】固定層と自由層の相対磁化角度と再生信号の非対称性の関係を示す特性図。

【図 3】本発明による磁気抵抗効果型素子の第一の実施例の断面図。

【図 4】本発明による磁気抵抗効果型素子の第二の実施例の断面図。

【図 5】本発明による磁気抵抗効果型ヘッドの第一の実施例の斜視図。

【図 6】本発明による磁気抵抗効果型ヘッドを備えた薄膜磁気ヘッドと磁気ディスクを示す斜視図。

【図 7】本発明による磁気抵抗効果型ヘッドの第二の実施例の斜視図。

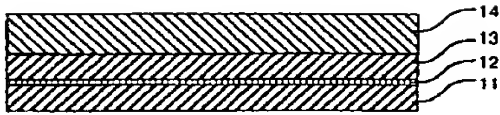
【図 8】本発明による磁気抵抗効果型ヘッドを搭載した磁気記録再生装置の構成を示す説明図。

#### 【符号の説明】

11, 13…強磁性体、12…絶縁体、14…反強磁性体、21…下部電極、22, 38, 43…反強磁性体層、23, 35…固定層の一方の磁性膜、24, 36…固定層の中間金属膜、25, 37…固定層の他方の磁性膜、26…中間絶縁膜、27, 33, 48…絶縁膜、28, 32, 49…永久磁石膜、29…上部電極膜、30…自由層強磁性体膜、34, 45…中間絶縁層、40, 50, 61…自由層、41…下部シールド、42…下部金属ギャップ膜、44…固定層、46…上部金属ギャップ層、47…上部シールド、51…磁気ディスク、52…スピンドルモータ、53…スライダ、54…アクチュエータ、55…信号処理回路、56…媒体上の記録磁化、57…記録ヘッドの磁極、58…励磁コイル、59…磁気抵抗効果型ヘッド、62…反強磁性膜。

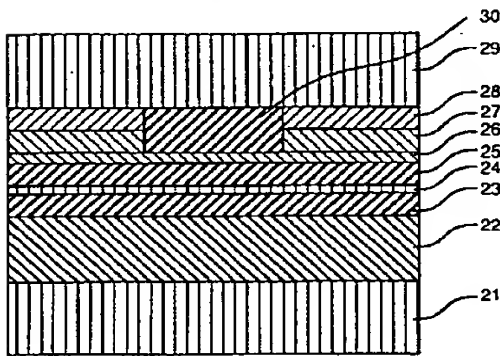
【図1】

図 1



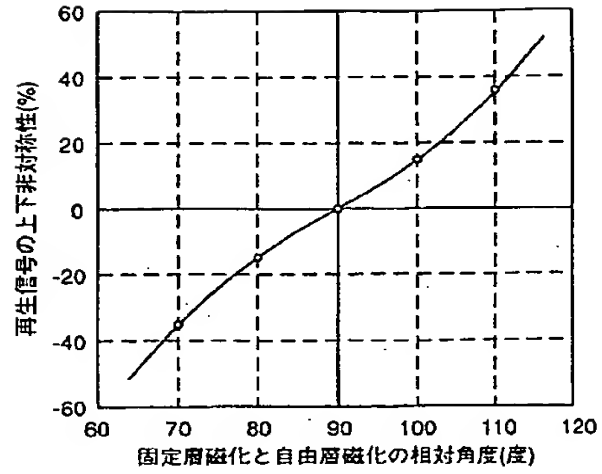
【図3】

図 3



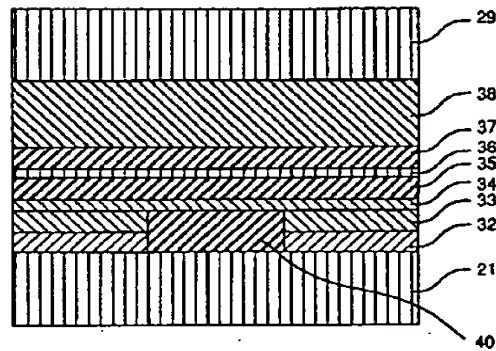
【図2】

図 2



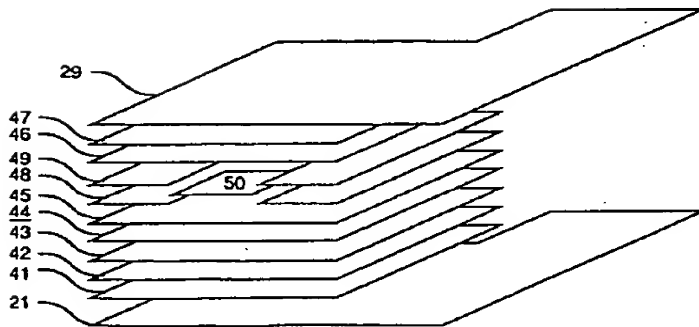
【図4】

図 4



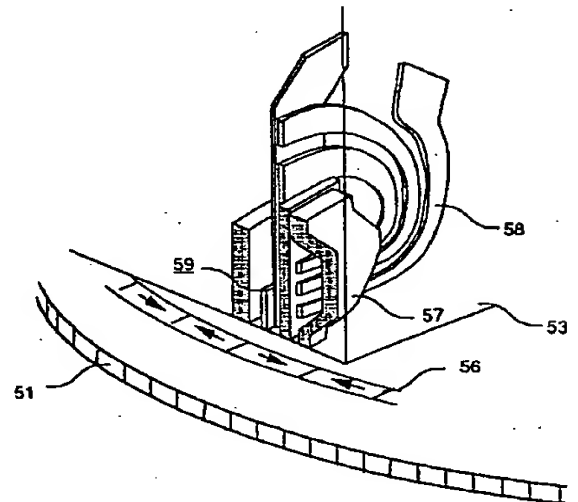
【図5】

図 5



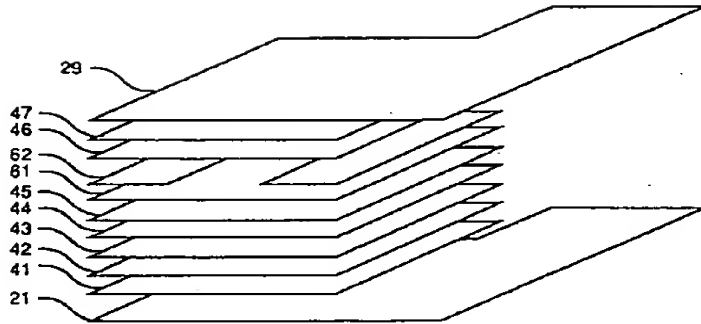
【図6】

図 6



【図 7】

図 7



【図 8】

図 8

